

PUB-NO: DE019628250A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 19628250 A1

TITLE: Measurement device for optical
properties of transparent
specimen

PUBN-DATE: January 23, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
LEX, KONRAD	DE
SCHWARZ, PETER	DE
ZELLNER, RALF	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
BYK GARDNER GMBH	DE

APPL-NO: DE19628250

APPL-DATE: July 12, 1996

PRIORITY-DATA: DE19628250A (July 12, 1996)

INT-CL (IPC): G01N021/59, G01N021/25

EUR-CL (EPC): G01N021/59

ABSTRACT:

The device has a light source which emits light within a predetermined wavelength range and produces light along a predetermined optical axis. A sample holding chamber is arranged between the source and a measuring device such that the light passes through the sample. The measuring device is arranged in an essentially closed measuring chamber having

and an opening
through which the optical axis runs. The device has at
least one photodetector
incorporating at least two detectors. A first detector (4)
is provided in the
optical axis (3) of the illuminating device. A second
detector (5) is arranged
at a predetermined radial distance from the optical axis.



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift
①0 DE 196 28 250 A 1

⑤1 Int. Cl.⁸:
G 01 N 21/59
G 01 N 21/25

②1 Aktenzeichen: 196 28 250.0
②2 Anmeldetag: 12. 7. 98
④3 Offenlegungstag: 23. 1. 97

DE 196 28 250 A 1

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1
13.07.95 DE 295113448

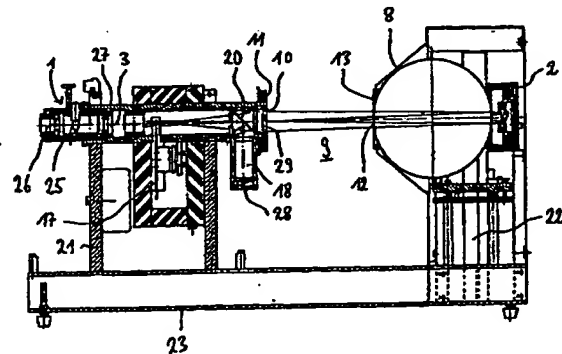
⑦1 Anmelder:
Byk-Gardner GmbH, 82538 Geretsried, DE

⑦4 Vertreter:
Wallinger, M., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 80331
München

⑦2 Erfinder:
Lex, Konrad, 82549 Königsdorf, DE; Schwarz, Peter,
82538 Geretsried, DE; Zellner, Ralf, 82057 Icking, DE

⑤4 Vorrichtung zur Messung von optischen Kenngrößen transparenter Materialien

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Messen von Kenngrößen einer zumindest teilweise lichtdurchlässigen Probe, mit einer Beleuchtungseinrichtung, welche eine Lichtquelle (1) aufweist, die Licht in einem vorgegebenen Wellenbereich ausstrahlt, und die derart innerhalb dieser Beleuchtungseinrichtung angeordnet ist, daß sich das Licht im wesentlichen entlang einer vorgegebenen optischen Achse ausbreitet, einem Proben-Aufnahmeraum, der zwischen dieser Beleuchtungseinrichtung und einer Meßeinrichtung vorgesehen und derart in bezug auf diese optischen Achse angeordnet ist, daß das von der Beleuchtungsquelle ausgehende Licht zunächst durch eine innerhalb dieses Proben-Aufnahmeraums angeordnete Probe hindurchgeht und dann in diese Meßeinrichtung eintritt, einer Meßeinrichtung, welche einen im wesentlichen geschlossenen Meßraum aufweist, der mit einer Öffnung versehen ist, durch welche diese optische Achse verläuft und durch welche das Licht eintritt, nachdem es die Probe durchlaufen hat, und welche weiterhin eine wenigstens innerhalb dieses vorgegebenen Wellenbereiches empfindlichen Photo-Detektoreinrichtung (2) aufweist, die wenigstens zwei Detektoren aufweist, nämlich einen in der optischen Achse (3) der Beleuchtungseinrichtung ersten Detektor (4) und einen in einem vorgegebenen Radialabstand von der optischen Achse angeordneten zweiten Detektor (5).



DE 196 28 250 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 96 602 064/545

12/25

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung von Kenngrößen einer zumindest teilweise lichtdurchlässigen Probe.

Lichtdurchlässige Produkte wie z. B. Glas, durchsichtige Folien und dergleichen, werden in vielen Bereichen eingesetzt. Die optischen Eigenschaften spielen dabei, je nach Verwendungsbereich, eine wesentliche Rolle. So wird z. B. von Glasplatten und Folien, die für Gewächshäuser verwendet werden, eine hohe Transmission verlangt. Eine zur Verpackung verwendete Folie sollte dagegen den Inhalt möglichst klar und ungetrübt erkennen lassen.

Eine lediglich subjektive Betrachtung der optischen Qualität des Materials, wie es heute sowohl in der Entwicklung als auch insbesondere bei der Fertigung häufig vorgenommen wird, hat den wesentlichen Nachteil, daß die Beobachtungen gar nicht oder nur mit einer groben Abstufung quantifizierbar sind, so daß ein Vergleich der Ergebnisse nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Es werden deshalb in der Forschung und der Entwicklung Vorrichtungen eingesetzt, um z. B. den Transmissionsgrad von durchsichtigen Materialien zu messen. Diese Vorrichtung haben jedoch den Nachteil, daß sie sehr aufwendig sind und es nicht erlauben, verschiedene optische Kenngrößen zu ermitteln, die für die Beurteilung der optischen Qualität der Produkte erforderlich sind.

Es ist deshalb die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zu schaffen mit welcher optische Kenngrößen von transparenten Materialien zuverlässig und reproduzierbar erfaßt werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den Gegenstand des Anspruchs 1 gelöst.

Zur bevorzugende Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung verwendet eine Beleuchtungseinrichtung, welche so beschaffen ist, daß sich das ausgestrahlte Licht, welches vorzugsweise den Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts abdeckt, entlang einer vorgegebenen optischen Achse ausbreitet. Das Licht durchläuft einen Proben-Aufnahmeraum, in dem die Probe angeordnet ist und fällt dann in eine Meßeinrichtung ein, in welcher ein erster Detektor auf dieser optischen Achse und ein zweiter Detektor im Abstand von dieser optischen Achse angeordnet ist.

Vorzugsweise entspricht die spektrale Zusammensetzung des ausgestrahlten Lichtes einer genormten Zusammensetzung wie z. B. der durch die ASTM genormten Lichtart C.

Mit dem ersten Detektor wird der Anteil des Lichtes gemessen, welches geradlinig durch die Probe hindurchtritt. Mit dem zweiten Detektor wird der Anteil des Lichtes gemessen, welcher beim Durchtritt der Probe innerhalb eines Winkelbereiches abgelenkt wird, der der Anordnung dieses zweiten Detektors entspricht. Befindet sich der zweite Detektor in kurzer Entfernung zum ersten Detektor, wird die Ablenkung des Lichtes in einen kleinen Winkelbereich bestimmt, ist der Abstand dagegen größer, wird die Lichtablenkung für einen großen Winkel erfaßt.

Der erste und der zweite Detektor sind vorzugsweise in einem Meßraum angeordnet, der eine Öffnung aufweist, in der das Licht entlang der optischen Achse eintritt. Der Proben-Aufnahmeraum ist vor dieser Öffnung angeordnet.

Besonders bevorzugt hat der Meßraum in seinem In-

neren eine kugelförmige Oberfläche, d. h. präzise gesagt, die innere Oberfläche einer Kugel, die vorzugsweise weiß beschichtet ist. Eine solche Kugel ist im Bereich der optischen Meßeinrichtungen als Ulbricht'sche Kugel bekannt. Der Begriff Oberfläche ist im folgenden immer als innere Fläche dieses Meßraumes zu verstehen.

Vorzugsweise ist ein dritter Detektor vorgesehen, der ebenfalls einen Abstand zur optischen Achse aufweist, der aber so angeordnet ist, daß er im wesentlichen nur das Licht erfaßt, welches von der Oberfläche dieses Meßraumes, vorzugsweise also der Ulbricht'sche Kugel reflektiert wird.

Durch diese Anordnung wird die Möglichkeit geschaffen, was ein besonders Anliegen der vorliegenden Erfindung ist, gleichzeitig sowohl die Großwinkelstreuung (Haze) als auch die Kleinwinkelstreuung (Clarity) messen zu können. Bei dieser Meßanordnung wird der zweite Detektor, in einem solchen Abstand zur optischen Achse angeordnet, daß die Kleinwinkelstreuung, d. h. eine Winkelabweichung von bis zu $2,5^\circ$ des durch die Probe fallenden Lichtes erfaßt wird. Das Licht, welches um einen größeren Winkel abgelenkt wird als $2,5^\circ$ wird weder vom ersten noch vom zweiten Detektor erfaßt, sondern von der inneren Oberfläche des Meßraumes reflektiert. Dieses reflektierte Licht wird, dem Prinzip der Ulbricht'schen Kugel entsprechend, vom dritten Detektor erfaßt.

Bei dieser Ausführungsform erfaßt also der erste Detektor das geradlinig durch die Probe fallende Licht, der zweite Detektor eine Lichtmenge, die ein Maß für die Kleinwinkelstreuung ist und der dritte Detektor eine Lichtmenge welche ein Maß für die Streuung des Lichtes ist, die größer ist als die beispielhaft gewählte Winkelabweichung von $2,5^\circ$ des zweiten Detektors. Die erfindungsgemäße Meßvorrichtung erlaubt es somit, mit einer Messung eine präzise Aussage über Klein- und Großwinkelstreuung zu machen.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist eine bewegbare Abdeckeinrichtung innerhalb des Meßraumes vorgesehen, mit der der erste und der zweite Detektor abgedeckt werden können. Wird als Meßraum die bevorzugte Ulbricht'sche Kugel verwendet, bedeutet dies, daß ein weiß beschichteter Kugelflächenausschnitt vorgesehen ist, der von einer ersten Position, in der die Öffnungen in der Kugeloberfläche für den ersten und den zweiten Detektor frei sind, in eine zweite Position verschiebbar ist, in der die Öffnungen in der Kugeloberfläche für den ersten und den zweiten Detektor verdeckt sind.

In diesem verdeckten Zustand ist nur noch der dritte Detektor meßfähig. Bei dieser Stellung wird das gesamte Licht, welches durch die Probe fällt und in den Meßraum eintritt, von der Kugelfläche reflektiert. Die vom dritten Detektor gemessene Lichtmenge ist somit ein Maß für das Gesamttransmissionsverhalten der Probe.

Damit lassen sich mit dieser Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine Vielzahl von detaillierten Aussagen über das optische Verhalten der jeweiligen Probe machen:

Die Messung wird zunächst bei geschlossener Abdeckung ausgeführt und erlaubt es dann, das Gesamttransmissionsverhalten zu beurteilen. Dies ist ein Wert, der, wie ausgeführt, beispielsweise für Folien oder Glasscheiben für Gewächshäuser von großer Bedeutung ist.

Anschließend wird die Abdeckung geöffnet und die Messung erneut durchgeführt. In diesem Fall erfaßt der

erste Detektor die linear durch die Probe durchfallende Lichtmenge, der zweite Detektor die Kleinwinkelstreuung und der dritte Detektor die Lichtmenge, die in größeren Winkeln abgelenkt wird. Wenn die vom zweiten und vom dritten Detektor erfaßte Lichtmenge gering ist, bedeutet dies, daß die Probe das Licht weitgehend unverzerrt durchläßt. Dies ist zum z. B. bei einem Glas der Fall, wie es üblicherweise als Fensterglas verwendet wird.

Ist die vom zweiten Detektor gemessene Lichtmenge hoch, die vom dritten Detektor gemessene Lichtmenge jedoch klein, so liegt überwiegend Kleinwinkelstreuung vor, was bedeutet, daß z. B. ein mit einer entsprechenden Folie verpacktes Produkt zwar gut erkennbar ist, daß jedoch die Bildschärfe beeinträchtigt ist.

Ist die vom dritten Detektor gemessene Lichtmenge groß, und die vom zweiten Detektor gemessene Lichtmenge klein, so bedeutet dies, daß überwiegend Großwinkelstreuung vorhanden ist, d. h., daß das Material z. B. nicht als durchsichtiges Verpackungsmaterial geeignet ist.

Es genügt somit eine einzige Meßvorrichtung, um die wesentlichen optischen Eigenschaften der Probe zu beurteilen. Weiterhin werden präzise, reproduzierbare Zahlenwerte für die Beurteilung der einzelnen Proben gegeben, so daß damit in der Entwicklung ein Vergleich verschiedener Materialien möglich und in der Produktion die Einhaltung von Qualitätsstandards zu sichern ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist der erste Detektor in bezug zu der optischen Achse so angeordnet, daß ein reflektierter Anteil eines auftreffenden Lichtstrahls nicht mehr in den Meßraum, im besonderen in die Ulbricht'sche Kugel, reflektiert und damit die Messung der Großwinkelstreuung stören kann. Dies wird erreicht indem der Detektor am Ende eines kurzen Kanals derart zur optischen Achse geneigt wird, daß das Licht auf die Wand des Kanals reflektiert und, bei einer entsprechend gestalteten Wand, absorbiert wird.

Vorzugsweise ist auch der zweite Detektor derart angeordnet, daß eine Reflexion in die Kugel und damit eine Beeinträchtigung der Haze-Messung vermieden wird. Dies wird vorzugsweise erreicht, indem der zweite Detektor am Ende eines Kanals angeordnet wird, dessen Ausdehnung in der Richtung quer zur optischen Achse klein ist.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind eine Modulationseinrichtung zum Modulieren der Lichtstrahlen und eine Einrichtung zum auf die Modulation abgestimmten Erfassen der von den Detektoren abgegebenen Signale vorgesehen. Durch diese Maßnahme kann bei geeigneter Frequenz der Modulation der Einfluß von Störlicht, beispielsweise von Netzfrequenz-Kunstlicht des Meßraumes, unterbunden werden, so daß die Vorrichtung auch offen, d. h. mit nicht abgedecktem Probenraum betrieben werden kann. Damit nicht ein Teil des einfallenden Störlichts mit moduliert wird, ist es sinnvoll, die Modulationseinrichtung in der Beleuchtungseinrichtung in einem abgedunkelten Bereich vorzusehen. Vorzugsweise kann die Modulationseinrichtung eine mechanische Chopperblende sein, die den Lichtstrahl nach einem vorbestimmten Zeitschema unterbricht und durchläßt.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist eine Referenzmeßeinrichtung zum Messen eines Referenzstrahls der Beleuchtungseinrichtung vorgesehen. Damit steigt nicht nur die Meßgenauigkeit der Vorrichtung; durch Bezug der Meßsignale auf das Signal der Referenzmeßeinrichtung ist auch auf einfache Weise ei-

ne Selbstjustage bezüglich mit der Zeit zunehmender Veränderungen der Charakteristik der Beleuchtungseinrichtung gegeben. Damit wird die Bedienungsfreundlichkeit verbessert. Wenn die Referenzmeßeinrichtung vorteilhafterweise an der Beleuchtungseinrichtung vorgesehen ist, kann sie auch dann verwendet werden, wenn sich zwischen der Beleuchtungseinrichtung und der Photo-Detektoreinrichtung bzw. der Ulbricht'schen Kugel gerade eine Probe befindet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist die Referenzmeßeinrichtung einen teildurchlässigen Spiegel auf, der einen Teil des Lichts in der Beleuchtungseinrichtung aus dem zur Probe führenden Strahl ablenkt und einem das Signal der Referenzmeßeinrichtung abgebenden Detektor zuführt. Diese Anordnung ist besonders einfach und zuverlässig.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Beleuchtungseinrichtung einerseits und die Ulbricht'sche Kugel mit der Photo-Detektoreinrichtung andererseits über jeweils eine Säule an einer gemeinsamen, im wesentlichen parallel zu der optischen Achse verlaufenden Basisplatte angebracht. Diese Konstruktion ist erfahrungsgemäß einfach und zuverlässig. Wenn die Anbringung lösbar ausgeführt ist, können die Beleuchtungseinrichtung bzw. die Ulbricht'sche Kugel mit der Photo-Detektoreinrichtung einzeln zur Reparatur oder Wartung abgenommen oder ausgetauscht werden. Im besonderen eignet sich dieser Aufbau zur Realisierung eines großzügig und besonders gut zugänglich gestalteten Probenraums, da die Säulen einen bestimmten Abstand von der die Beleuchtungseinrichtung einerseits und die Ulbricht'sche Kugel mit der Photo-Detektoreinrichtung andererseits verbindenden Basisplatte vorgeben.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist an der Beleuchtungseinrichtung eine Bedienungsvorrichtung vorgesehen, die auch Anzeigeelemente enthalten kann. Dieser Aufbau ist nicht nur einfach, weil eine separate Ausführung der Bedienungsvorrichtung entfällt, sondern er erlaubt beispielsweise bei der oben beschriebenen Anordnung der Beleuchtungseinrichtung auf einer Säule, die sich vorzugsweise vertikal von der tiefer liegenden Basisplatte zur darüber angeordneten Beleuchtungseinrichtung erstreckt, eine für eine Bedienungsperson angenehme Lage der Bedienungsvorrichtung.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist der teildurchlässige Spiegel so angeordnet, daß er den Referenzstrahl in Richtung auf die Basisplatte richtet, und die Referenzmeßeinrichtung ist zumindest im wesentlichen parallel zu der Säule der Beleuchtungseinrichtung angeordnet. Dieser besonders einfache Aufbau ermöglicht es, die Referenzmeßeinrichtung in oder an der Säule quasi zu integrieren und vorzugsweise mit der Säule in einer gemeinsamen Verkleidung unterzubringen. Dadurch wird die Anordnung kompakt und übersichtlich und für eine mit unter Umständen unhandlichen Proben arbeitende Bedienungsperson besonders bedienungsfreundlich.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die Chopperblende in Richtung auf die Basisplatte angeordnet, d. h. zwischen der Beleuchtungseinrichtung und der Basisplatte gelagert, was zu vergleichbaren Vorteilen führt, wie soeben für die Referenzmeßeinrichtung beschrieben. Vorzugsweise werden sowohl die Modulationseinrichtung mit der Chopperblende als auch die Referenzmeßeinrichtung in der Säule integriert in einer gemeinsamen Verkleidung untergebracht.

Es ist weiterhin vorteilhaft, die erfassenden Bereiche des ersten und zweiten Detektors symmetrisch bezüglich einer Rotation um die optische Achse auszubilden, d. h. beim ersten Detektor kreisförmig und beim zweiten Detektor zumindest im wesentlichen kreisringförmig. Wie im Ausführungsbeispiel gezeigt, kann die Einschränkung "im wesentlichen" bedeuten, daß schmale Stege durch den Kreisring verlaufen, die aus mechanisch-statistischen Gründen den Bereich zwischen dem Kreis und dem Kreisring und den Bereich außerhalb des Kreisrings miteinander verbinden. Die kreisringförmige Gestaltung hat den Vorteil, daß eine Materialstruktur, die eine gerichtete Winkelablenkung bewirkt, das Meßergebnis nicht beeinträchtigt. Bei derartigen Materialien bewirkt also eine Verdrehung des Materials um die optische Achse keine Änderung des Meßergebnisses.

Vorteilhafterweise kann eine zur Beleuchtungseinrichtung weisende Oberfläche der Detektoreinrichtung in diesem Zwischenbereich zumindest zum größten Teil aus einer geneigten Fläche gebildet sein, d. h., daß die Ebene der Fläche nicht senkrecht zur optischen Achse steht, um störende Rückreflexionen, insbesondere in die Ulbricht'sche Kugel, zu verringern.

Statt der Verwendung einer geneigten Detektorfläche oder für Bereiche des oder der Detektoren, bei denen die Neigung Probleme bereitet, wird vorzugsweise ein Lichteintrittskanal geschaffen, dessen Ausdehnung in der Ebene senkrecht zur optischen Achse gering und parallel zur optischen Achse relativ groß ist. Auch damit kann eine Reflexion des auf die Detektorflächen auftreffenden Lichtes in die Ulbricht'sche Kugel wirkungsvoll vermindert werden.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun anhand der Zeichnung erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 eine teilweise geschnittene Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 eine Schnittansicht der Meßeinrichtung des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1,

Fig. 3 eine Schnittansicht einer Photo-Detektoreinrichtung des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1,

Fig. 4 eine Seitenansicht der Photo-Detektoreinrichtung des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1 von der Seite einer Ulbricht'schen Kugel.

Das nun beschriebene Ausführungsbeispiel verwendet die drei optischen Kenngrößen Transmission, Trübung und Bildschärfe zur optischen Charakterisierung transparenter Proben.

Dabei steht die Größe Transmission oder Gesamttransmission für das Verhältnis aus der durch die Probe durchgelassenen Lichtintensität zu der auf die Probe auftreffenden Lichtintensität. Sie entspricht damit der optischen Wahrnehmung "hell/durchscheinend" bei der Charakterisierung mit dem menschlichen Auge.

Die Größe Trübung (häufig auch englisch "haze") entspricht dem Anteil der unter Richtungsablenkung durchgelassenen Lichtintensität an der gesamten durchgelassenen Lichtintensität und wird deshalb auch als Großwinkelstreuung bezeichnet. Diese Größe entspricht der optischen Wahrnehmung "trüb/milchig" bei der Charakterisierung mit dem menschlichen Auge. Die Trübung eines transparenten Materials kann z. B. durch statistisch verteilte eingelagerte Partikel, Bläschen oder andere Materialinhomogenitäten entstehen, die zu einer im wesentlichen statistischen Ablenkung des auftreffenden Lichts um verschiedene, auch große Winkel führen. Auch eine entsprechende Oberflächenrauigkeit kann diese Wirkung haben. Nach ASTM D 1003 bezeichnet die Trübung den prozentualen Anteil des Lichtes, der

vom eingestrahnten Lichtbündel um mehr als 2,5 Grad abweicht.

Die Größe Bildschärfe (häufig englisch "clarity") dient dazu, ein Materialeigenschaft zu beschreiben, bei der ein merklicher Teil der Lichtstrahlen mit sehr geringen Winkelablenkungen durchgelassen wird und wird deshalb als Kleinwinkelstreuung bezeichnet. Dies kann z. B. auftreten bei leicht welligen Oberflächen, wobei die Welligkeit im Vergleich zur idealen planparallelen Geometrie nur sehr kleine Differenzwinkel aufweist. Rechnerisch kann die Größe Bildschärfe definiert werden als Quotient aus der Differenz zwischen der ohne jede Ablenkung durchgelassenen Lichtintensität und der wie oben beschrieben leicht abgelenkten Lichtintensität und der Summe daraus. Je geringer die Tendenz der Probe ist, das Licht in der oben beschriebenen Weise leicht abzulenken, um so größer ist der Bildschärfewert. Nach ASTM D 1003 ist die Bildschärfe unter einer Abweichung zu ermitteln, die kleiner ist als 2,5 Grad.

Im dem in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel ist im linken Bereich von Fig. 1 eine über eine Säule 21 auf einer Basisplatte 23 angebrachte Beleuchtungseinrichtung 1 gezeigt, in der eine Halogenlampe 25 als Lichtquelle sichtbares Licht ausstrahlt. Links von der Halogenlampe 25 ist ein Reflektor 26 vorgesehen, der das Licht symmetrisch zu einer optischen Achse 3 auf einen Kondensor 27 zu reflektiert.

Mit 17 ist eine drehbare Chopperblende bezeichnet, die das Licht der Beleuchtungseinrichtung 1 durch aufeinanderfolgendes Ausblenden und Freigeben des vom Kondensor 27 kommenden Lichtes moduliert. Ein Teil des modulierten Lichtes wird von einem teildurchlässigen Spiegel 20 nach unten zu einem Referenzmeßeinrichtung 18 reflektiert, die einen Referenzdetektor 28 aufweist. Eine Austrittsöffnung der Beleuchtungseinrichtung 1 ist mit 10 bezeichnet und enthält eine fokussierende Linse 29, die auch zum Schutz der Beleuchtungseinrichtung dient. Ferner ist eine Anlage 11 als erste Begrenzung eines Probenraumes gebildet.

Ebenfalls auf die optische Achse 3 zentriert sind eine Ulbricht'sche Kugel 8 und eine Photo-Detektoreinrichtung 2 angeordnet, die über eine einstellbare Stützeinrichtung 22 auf der Basisplatte 23 gehalten sind. Die Ulbricht'sche Kugel 8 weist eine Eintrittsöffnung 12 und eine Anlage 13 auf. Zwischen den Anlagen 11 und 13 erstreckt sich ein zu den beiden verbleibenden horizontalen Seiten und nach oben offener und nach unten in durch die Höhe der Säulen 21 und 22 relativ großzügig bemessener Entfernung durch die Basisplatte 23 begrenzter durchgehender Probenraum 9.

Der Aufbau einer auf der optischen Achse der Eintrittsöffnung 12 der Ulbricht'schen Kugel 8 gegenüberliegend angeordneten Photo-Detektoreinrichtung 2 ist in Fig. 2 im einzelnen gezeigt. Dabei ist mit 4 ein erster Detektor und mit 5 ein zweiter Detektor bezeichnet. Der erste Detektor 4 erfaßt das Licht aus der Ulbricht'schen Kugel 8 in einem Bereich, der durch eine Öffnung 30 zur Ulbricht'schen Kugel hin definiert ist. Der zweite Detektor 5 erfaßt das Licht in einem Bereich, der durch Öffnungen 31 zur Ulbricht'schen Kugel 8 hin definiert ist. Wie in Fig. 2 und 4 zu sehen, weist die Öffnung 30 einen kreisförmigen Querschnitt auf, während die Öffnungen 31 zusammen einen kreisringförmigen Querschnitt bilden, der durch vier Kreisringsegmente bildende Stege unterbrochen ist. In diesem Ausführungsbeispiel sind diese Stege erforderlich, damit der Abschnitt der Photo-Detektoreinrichtung 2 zwischen der Öffnung 30 und den Öffnungen 31 von dem Ab-

schnitt (in radialer Richtung) außen von den Öffnungen 31 gehalten wird. Ein Wärmeschutzfilter 32 ist so angeordnet, daß es sich in den Öffnungen 31 und in der Öffnung 30 erstreckt, so daß auf die Detektoren 4 und 5 auftreffendes Licht das Wärmeschutzfilter 32 passiert hat.

Es ist ferner zu erkennen, daß der erste Detektor 4 gegen die optische Achse 3 geneigt ist, um einen reflektierten Anteil des auftreffenden Lichts gegen eine lichtabsorbierende Wand 33, die ein Teil der die Öffnung 30 definierenden Fläche ist, zu lenken.

Ferner ist eine zur Ulbricht'schen Kugel 8 weisende Oberfläche des Abschnitts der Photo-Detektoreinrichtung 2 zwischen der Öffnung 30 und den Öffnungen 31 zum größten Teil aus einer derart angeschrägten Fläche 24 gebildet, daß die im wesentlichen in Richtung der optischen Achse 3 auftreffenden Lichtstrahlen nicht in die Ulbricht'sche Kugel 8 zurück reflektiert werden, wie im Vergleich zu Fig. 1 zu erkennen ist.

Die Öffnungen 31 weisen in der Breite, d. h. in einer Ebene senkrecht zur optischen Achse nur eine geringe Ausdehnung auf und sind im Verhältnis dazu relativ lang, wobei die Länge parallel zur optischen Achse gemessen wird. Diese Maßnahme dient ebenfalls dazu, Reflexionen des Lichtes von der Detektoroberfläche zurück in die Ulbricht'sche Kugel zu minimieren.

Im oberen Bereich der Ulbricht'schen Kugel ist, wie in Fig. 2 zu erkennen ist, in einer Öffnung 6 ein dritter Detektor 7 angeordnet. Beim Ausführungsbeispiel ist die Anordnung derart, daß die lichtempfindliche Fläche des Detektors im wesentlichen senkrecht zur optischen Achse steht. Weiterhin ist die lichtempfindliche Fläche gegenüber der Kugeloberfläche nach hinten verschoben.

In Fig. 1 ist angedeutet, daß die Ulbricht'sche Kugel 8, die Photo-Detektoreinrichtung 2 und die Säule 22 gemeinsam in einer Verkleidung untergebracht sind. Gleichmaßen sind die Beleuchtungseinrichtung 1 einschließlich der Chopperblende 17 und der Referenzmeßeinrichtung 18 mit dem Detektor 28 in einer gemeinsamen Verkleidung untergebracht. Dazu sind die Chopperblende 17 und die Referenzmeßeinrichtung 18 nach unten zur Basisplatte 23 hin orientiert, um einen möglichst kompakten Aufbau zu ermöglichen.

Wie ebenfalls in Fig. 2 gezeigt, ist eine Abdeckfläche 35 vorgesehen, deren Form der Oberflächenform der Kugel angepaßt ist und die derart beweglich (nicht gezeigt) gelagert ist, daß sie von einer ersten Position, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist, in eine zweite Position zu verschieben ist, in welcher sie die Öffnungen 30 und 31 abdeckt. Die Abdeckfläche 35 ist, wie die Kugel selbst, an ihrer der Lichteintrittsöffnung 12 zugewandten Seite weiß beschichtet. Damit tritt auch an diesem Teil der Oberfläche die Wirkung der Ulbricht'schen Kugel auf.

Schließlich ist an dieser Verkleidung auf der Höhe der Beleuchtungseinrichtung 1 eine nicht gezeigte Bedienungsvorrichtung vorgesehen, die auch eine LCD-Anzeige aufweist. Diese Bedienungsvorrichtung steuert eine nicht gezeigte Steuerelektronik der Gesamtvorrichtung und gibt entsprechend rechnerisch und statistisch aufbereitete Meßwerte aus. Es versteht sich von selbst, daß die Detektoren zur Ermittlung dieser Meßwerte auf die Modulation durch die Chopperblende 17 abgestimmt ausgelesen werden.

Die Funktion dieser Vorrichtung ist wie folgt: Die Probe wird in den Probenraum eingebracht und die Lichtquelle aktiviert. Das Licht fällt durch die Probe und tritt in die Kugel ein. Die erste Messung wird bei ge-

schlossener Abdeckfläche ausgeführt. Das in die Kugel eingeleitete Licht wird insgesamt von der Kugeloberfläche reflektiert und die vom dritten Detektor gemessene Lichtmenge ist ein Maß für die gesamte einfallende Lichtmenge und damit ein Maß für die Gesamttransmission.

Anschließend wird die Abdeckfläche geöffnet, wobei die Probe weiterhin belichtet wird. Das Signal der drei Detektoren wird erfaßt und in der zuvor beschriebenen Weise ausgewertet.

Somit ist es möglich mit nur einer Meßeinrichtung mit zwei kurz hintereinander folgenden Messungen die wesentlichen optischen Kenngrößen einer transparenten Probe zu erfassen.

Beim dargestellten Ausführungsbeispiel sind zwei Probenpositionen vorgesehen. Die erste Position ist durch die Anlagefläche 11 an der Lichtaustrittsöffnung 10 der Beleuchtungseinrichtung definiert. Die Probe wird an diese Fläche angelegt und weist dann den maximal möglichen Abstand zu den Detektoren auf. Die Detektoren sind so angeordnet, daß die 2,5° Winkelabweichung in dieser Position erreicht werden. Dies bedeutet, daß der Abstand der Detektoren und auch die Abmessung der Ulbricht'schen Kugel relativ klein gehalten werden kann. Die zweite Probenposition ist durch die Anlage an die Anlagefläche 13 der Ulbricht'schen Kugel definiert.

Als Detektoren der Meßeinrichtung können alle Arten von photoelektrischen Bauelemente wie Photozellen, Phototransistoren, usw. Verwendung finden. Bevorzugt werden photoelektrische Bauelemente verwendet, die über den ganzen oder im wesentlichen den ganzen Wellenlängenbereiches des sichtbaren Lichtes empfindlich sind.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung des vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiels werden als Detektor 4, und/oder als Detektor 5 und/oder als Detektor 6 jeweils drei Detektorelemente verwendet, die eine unterschiedliche Wellenlängencharakteristik aufweisen. Damit ist es möglich auch die Farbcharakteristik des transmittierten Lichtes zu erfassen. Wird als Lichtquelle 25 eine Lampe mit definiertem Licht verwendet, ist eine quantitativ korrekte Bestimmung des Farbverhaltens der Probe möglich.

Besonders bevorzugt werden dann drei oder mehr Sensoren mit unterschiedlicher Wellenlängencharakteristik für den Sensor 6 verwendet, da hier die räumliche Anordnung von mehreren Sensoren unproblematisch ist.

Alternativ können bei diesen Ausführungsformen statt der Lichtquelle 25 auch drei oder mehr Lichtquellen verwendet werden, die eine unterschiedliche Wellenlängencharakteristik aufweisen, wie z. B. drei verschiedenfarbige Leuchtdioden. In diesem Fall ist es nicht erforderlich, Detektoren mit unterschiedlicher Wellenlängencharakteristik zu verwenden, sondern es kann dann mit drei aufeinanderfolgenden Messungen mit je einer der Leuchtdioden als Lichtquelle die Farbcharakteristik der Probe bestimmt werden.

Alternativ können sowohl Lichtquellen mit unterschiedlicher Wellenlängencharakteristik als auch Detektoren mit unterschiedlicher Wellenlängencharakteristik als auch Kombinationen davon verwendet werden. In diesem Fall ist es dann möglich mit einer entsprechenden mathematischen Auswertung eine Aussage über das spektrale Transmissionsverhalten zu machen.

1. Vorrichtung zum Messen von Kenngrößen einer zumindest teilweise lichtdurchlässigen Probe, mit einer Beleuchtungseinrichtung, welche eine Lichtquelle (1), aufweist, die Licht in einem vorgegebenen Wellenbereich ausstrahlt, und die derart innerhalb dieser Beleuchtungseinrichtung angeordnet ist, daß sich das Licht im wesentlichen entlang einer vorgegebenen optischen Achse ausbreitet, einen Proben-Aufnahmeraum, der zwischen dieser Beleuchtungseinrichtung und einer Meßeinrichtung vorgesehen und derart in bezug auf diese optischen Achse angeordnet ist, daß das von der Beleuchtungsquelle ausgehende Licht zunächst durch eine innerhalb dieses Proben-Aufnahmeraums angeordnete Probe hindurchgeht und dann in diese Meßeinrichtung eintritt, eine Meßeinrichtung, welche einen im wesentlichen geschlossenen Meßraum aufweist, der mit einer Öffnung versehen ist, durch welche diese optische Achse verläuft und durch welche das Licht eintritt, nachdem es die Probe durchlaufen hat, und welche weiterhin eine wenigstens innerhalb dieses vorgegebenen Wellenbereiches empfindlichen Photo-Detektoreinrichtung (2) aufweist, die wenigstens zwei Detektoren aufweist, nämlich einen in der optischen Achse (3) der Beleuchtungseinrichtung ersten Detektor (4) und einen in einem vorgegebenen Radialabstand von der optischen Achse angeordneten zweiten Detektor (5).

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein dritter Detektor (7) vorgesehen ist, der in diesem Meßraum im Abstand zu dieser optischen Achse (3) angeordnet und so ausgerichtet ist, daß er im wesentlichen nur Licht erfaßt, das von der Oberfläche dieses Meßraumes reflektiert wird.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine bewegbare Abdeckeinrichtung (35) innerhalb dieses Meßraumes vorgesehen ist, welche diesen ersten und zweiten Detektor abdeckt, so daß diese dritte Detektoreinrichtung das Licht erfaßt, welches von der Oberfläche dieses Meßraumes und von dieser Abdeckeinrichtung reflektiert wird.

4. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Oberfläche dieses Meßraum im wesentlichen kugelförmig ausgebildet ist, so daß der Meßraum eine sogenannte Ulbricht'sche Kugel bildet.

5. Vorrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß diese optische Achse (3) den Mittelpunkt dieser kugelförmigen inneren Oberfläche des Meßraumes schneidet.

6. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Detektor (4) eine im wesentlichen ebene Meßfläche aufweist, die in bezug zu der optischen Achse (3) geneigt ist, um einen reflektierten Anteil eines auftreffenden Lichtstrahls gegen die optische Achse verkippt und vorzugsweise auf eine lichtabsorbierende Wand (14) zu reflektieren.

7. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest der zweite Detektor durch einen Kanal vom Meßraum getrennt ist, dessen Ausdehnung parallel zur optischen Achse relativ groß und in

einer Ebene senkrecht zur optischen Achse relativ klein ist, so daß der Anteil des vom dem Detektor in den Meßraum zurückreflektierten Lichtes gering ist.

8. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Modulationseinrichtung (15) zum Modulieren der Lichtstrahlen in der Beleuchtungseinrichtung (1) vorgesehen ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulationseinrichtung (15) eine Chopperblende (17) aufweist.

10. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Referenzmeßeinrichtung (18) zum Messen eines Referenzstrahls (19) der Beleuchtungseinrichtung (1) vorgesehen ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzmeßeinrichtung (18) an der Beleuchtungseinrichtung (1) vorgesehen ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzmeßeinrichtung (18) einen teildurchlässigen Spiegel (20) aufweist.

13. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinrichtung (1) einerseits und die Ulbricht'sche Kugel (8) mit der Photo-Detektoreinrichtung (2) andererseits über jeweils eine Säule (21, 22) an einer gemeinsamen, im wesentlichen parallel zu der optischen Achse (3) verlaufenden Basisplatte (23) angebracht sind.

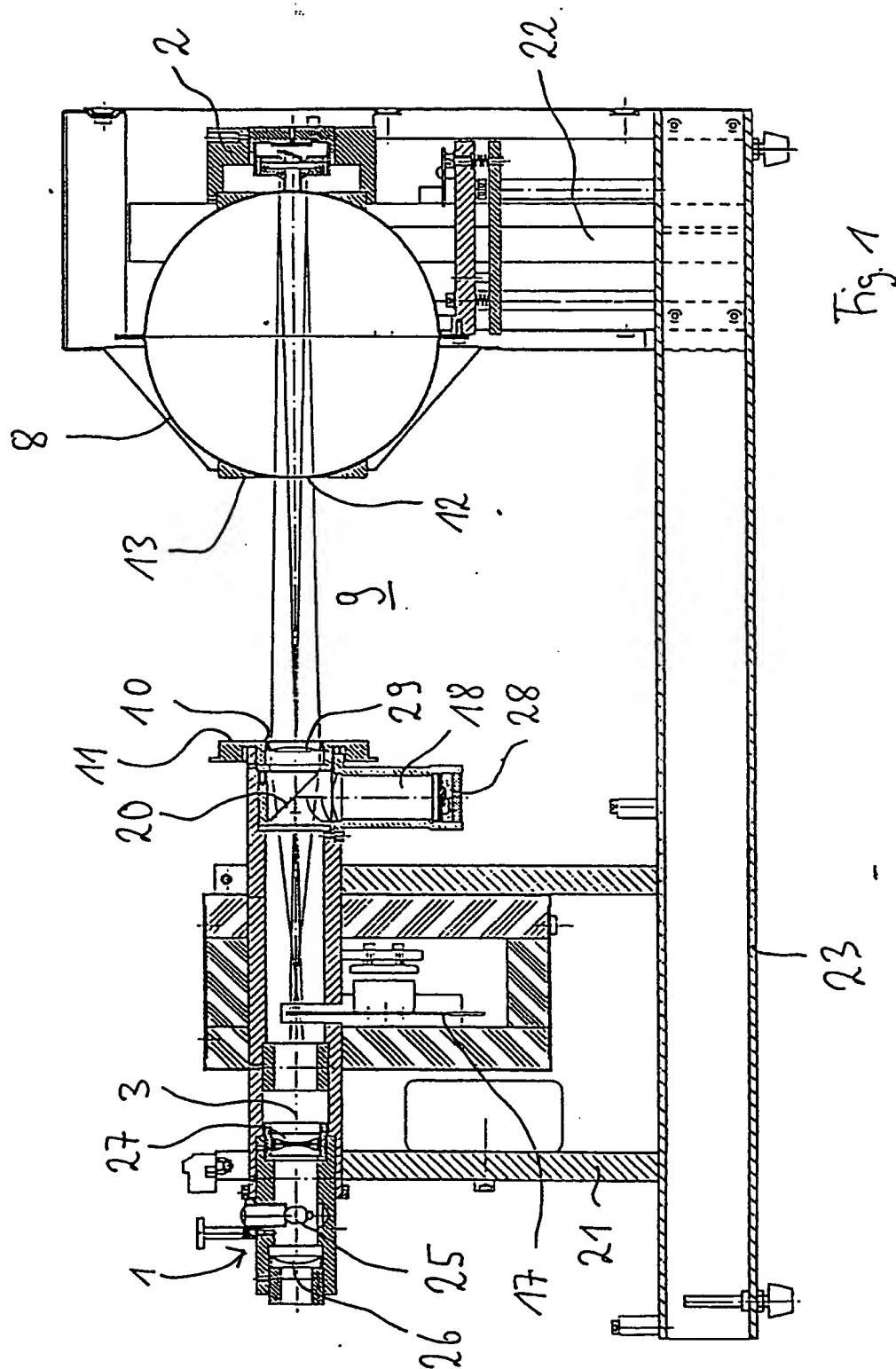
14. Vorrichtung gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand, den dieser zweite Detektor (5) von dieser optischen Achse (3) aufweist, derart bemessen ist, daß dieser Detektor eine Winkelabweichung des Lichtes durch eine im Probenraum befindliche Probe erfaßt, die kleiner ist als 5° , besonders bevorzugt kleiner als $3,5^\circ$ und ganz besonders bevorzugt kleiner oder gleich $2,5^\circ$ ist.

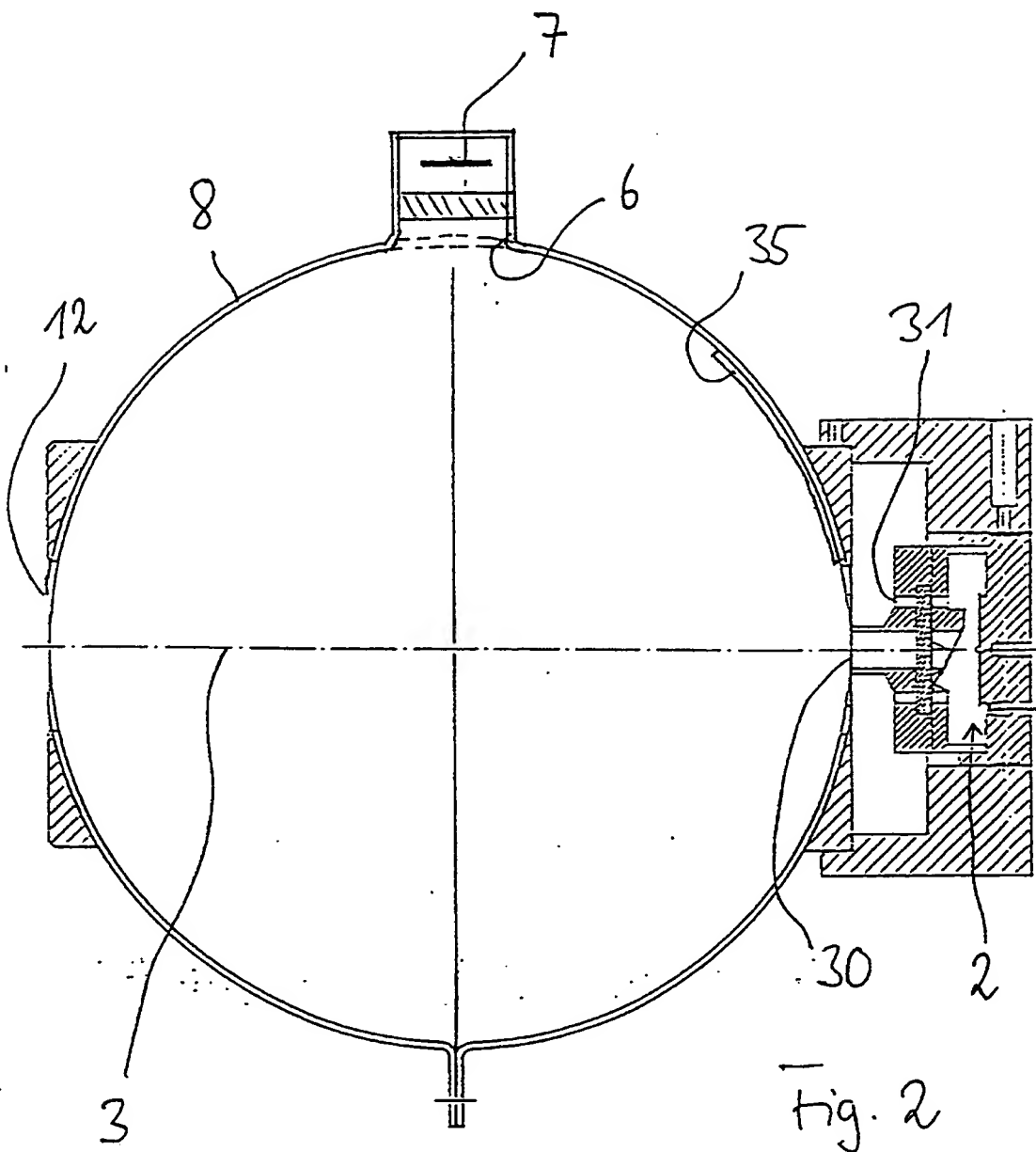
15. Vorrichtung gemäß mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dieser Detektor (4) eine im wesentliche ebene lichtempfindliche Fläche aufweist, die im wesentlichen kreisförmig gestaltet ist und das dieser zweite Detektor (5) eine im wesentlichen ebene lichtempfindliche Fläche aufweist, die im wesentlichen kreisringförmig gestaltet ist, wobei diese im wesentlichen kreisförmige lichtempfindliche Fläche des ersten Detektors innerhalb dieser im wesentlichen kreisringförmigen lichtempfindlichen Fläche des zweiten Detektors angeordnet ist.

16. Vorrichtung gemäß mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Detektor wenigstens zwei lichtempfindliche Flächen aufweist, die eine unterschiedliche spektrale Charakteristik aufweisen.

17. Vorrichtung gemäß mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinrichtung derart beschaffen ist, daß mindestens zwei Lichtarten, die eine unterschiedliche spektrale Charakteristik aufweisen, nacheinander ausgestrahlt werden.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen





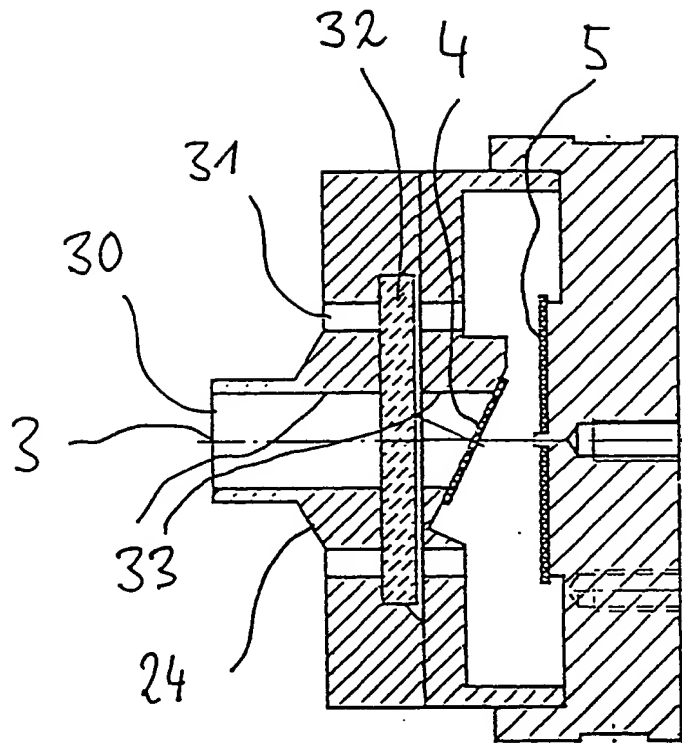


Fig. 3

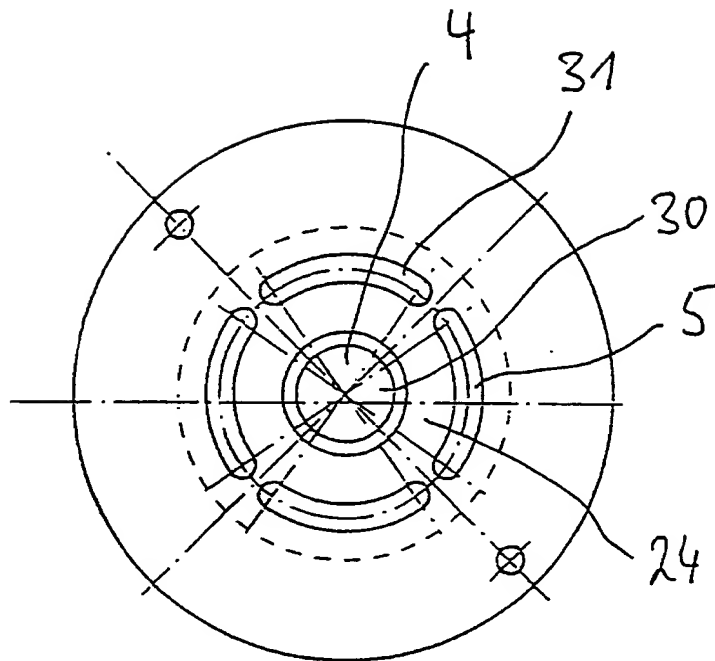


Fig. 4